



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:
Limitações e possibilidades**



SOLUÇÕES DIGITAIS NA IMPORTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MANUFATURA ADITIVA

Lisandra Lutz dos Reis (Unisinos)

lisandral@edu.unisinos.br

Profª Dra. Miriam Borchardt (Unisinos)

miriamb@unisinos.br

Prof. Dr. Gabriel Sperandio Milan (Unisinos)

gsmilan@unisinos.br

Prof. Dr. Giancarlo Medeiros Pereira (Unip)

giancarlo.pereira@docente.unip.br

ÁREA: 02 – LOGISTICA

SUBÁREA: 2.3 – PROJETOS E ANÁLISES DE SISTEMAS LOGÍSTICOS

Objetivo – Este artigo visa responder “Como aprimorar os processos de importação de equipamentos de manufatura aditiva com o apoio de soluções digitais?”. O objetivo é identificar quais dessas soluções podem ser utilizadas neste processo e os desafios associados a importação destes equipamentos.

Metodologia – Foi efetuada uma revisão de literatura sobre as possíveis soluções digitais que podem ser utilizadas na importação de equipamentos de manufatura aditiva. Três fases foram desenvolvidas: na primeira foram selecionados 774 artigos com base nas palavras-chaves que norteiam o artigo; na segunda fase foi efetuada a leitura dos títulos e a exclusão dos artigos repetidos ou fora do contexto da pesquisa; na terceira fase, 52 foram selecionados para a leitura do resumo e dentre esses, foram selecionados 35 para a leitura completa.

Resultados – Evidenciou-se que o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva pode ser aprimorado pelo uso de soluções digitais tais como: a utilização de inteligência artificial e *machine learning*, bem como, a adoção de *Business Intelligence* (BI) e a definição de padrões internacionais de qualificação e certificação do uso das peças impressas nas impressoras 3D. A pesquisa apresenta também uma síntese dos desafios encontrados na importação destes equipamentos.

Valor: Este estudo avança o conhecimento nas áreas de importação de equipamentos de manufatura aditiva aliado ao uso de soluções digitais.

PALAVRAS-CHAVES: Manufatura aditiva; Importação; Soluções Digitais.

1. Introdução

A importação de máquinas e equipamentos tem a sua relevância no mercado internacional tanto pela transferência de tecnologia quanto no aumento da produtividade em vários setores. (HÜBLER; GLAS, 2014). Tal transferência tecnológica pode contribuir para a evolução dos países importadores ao acessarem, nestas importações, tecnologias que não estão acessíveis em seus países. (HÜBLER; GLAS, 2014).

Apesar disso, quando se avalia a importação de máquinas e equipamentos, a ótica de escolha tem dois cenários: oferta e demanda. A abordagem da oferta considera a diversidade nas características de produtos fabricados em países com tecnologia avançada e em desenvolvimento, utilizando suas vantagens comparativas. Por outro lado, a perspectiva da demanda destaca as avaliações pessoais das características intrínsecas e extrínsecas de um produto específico. (AYOB; HUSSAIN, 2016).

Outro ponto relevante para esta pesquisa, avalia que a escolha do foco do estudo considera que as empresas que operam no comércio internacional precisam se cercar de parceiros competentes e que possuam *expertise* para aprimorar os seus processos. A identificação desses parceiros pode alavancar a competitividade das empresas nacionais que fazem uso de equipamentos de ponta. Aliado a este fato, a regulamentação na importação pode impactar de diferentes formas em diferentes países. (SANTERAMO; LAMONACA, 2022).

No Reino Unido, por exemplo, uma resposta a essa necessidade é evidenciada pela criação do Conselho de Estratégia de Importações Críticas e Cadeia de Abastecimento. Esse conselho visa assegurar o acesso a bens essenciais, colaborando com empresas para analisar desafios na cadeia de abastecimento, identificar riscos e desenvolver planos de ação, incluindo a remoção de barreiras à importação. (3D PRINTING INDUSTRY, 2024).

Neste cenário de logística internacional, há o envolvimento de empresas e profissionais de comércio exterior que são supervisionadas pelas autoridades alfandegárias locais de cada país. No entanto, observa-se um gargalo pois cada um destes *stakeholders* possui sua própria plataforma de gestão, havendo pouca ou nenhuma comunicação entre eles. (GAO ET AL. 2022).

Além desta falta de comunicação entre os *stakeholders* (GAO ET AL., 2022), estima-se que uma parte dos desafios enfrentados pelas empresas que importam equipamentos de

manufatura aditiva poderiam ser reduzidos por meio das soluções digitais. Tais desafios podem ser descritos como as barreiras tarifárias (HÜBLER;GLAS, 2014, SIKDAR ;MUKHOPADHYAY, 2017), desafios logísticos internacionais (SCHMIDT; ERMOLAEVA, 2014), transição geopolítica (GOVERNO DO REINO UNIDO, 2024), efeito chicote da pandemia de Covid-19 (CHANG; WANG; CHANG, 2023) e desafios relativos a transferência tecnológica (AMIRGHODSI ET AL. , 2020), o que pode tornar esses produtos mais caros e menos acessíveis. (3D PRINTING INDUSTRY, 2024). Contudo, até onde se pesquisou, a literatura não apresenta trabalhos enfocando como as soluções digitais podem contribuir na importação de equipamentos de manufatura aditiva.

Este estudo considera os desafios por ora mapeados e as lacunas destacadas na importação de máquinas e equipamentos considerando a combinação da inteligência artificial (IA) e da *machine learning* (ML) que poderão apoiar a tomada de decisão com menos envolvimento humano (GARCÍA-GUTIÉRREZ ET AL., 2015; JHA ET AL., 2017). ML e IA podem ser usados na análise de um grande conjunto de dados e variáveis em tempo real. (AL OJAIL, 2020).

Logo, o foco desta pesquisa é mapear as possíveis soluções digitais que podem ser utilizadas na importação de equipamentos de manufatura aditiva. Para tanto, utilizou-se da seguinte questão de pesquisa: Como aprimorar os processos de importação de equipamentos de manufatura aditiva com o apoio de soluções digitais?

O estudo e a análise dos aspectos sobre soluções digitais são fundamentais para compreender o cenário no qual estão inseridas as empresas importadoras de equipamentos para manufatura aditiva no Brasil. O objetivo é contribuir para identificar as soluções digitais que contribuam para importação destes equipamentos.

A relevância do tema se dá ao fato do contexto de transformação digital no qual as organizações que realizam estas importações estão inseridas. Neste interím, ela vem atuando como aliada e de forma disruptiva no cenário empresarial. (DĄBROWSKA ET AL., 2022). Ao encontro desta premissa, a construção de capacidades digitais oriundas da transformação digital pode ser analisada pelo viés da importação destes equipamentos. Estas capacidades digitais podem contribuir nas tomadas de decisões e auto-organização dos ecossistemas tecnológicos. (DĄBROWSKA ET AL., 2022).

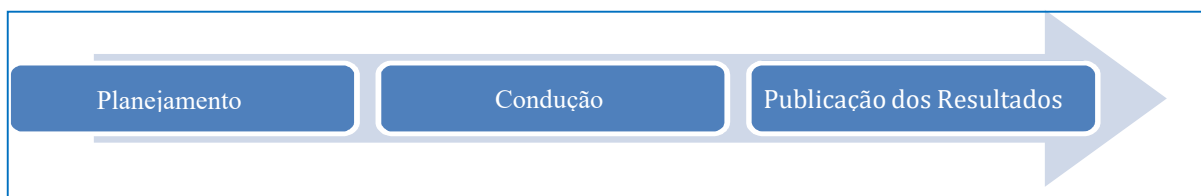
Portanto, para que se possa preencher as lacunas apontadas, o artigo apresenta a seguinte estrutura. Na primeira seção é apresentada a metodologia da pesquisa. A seção

seguinte apresenta uma revisão bibliográfica sobre manufatura aditiva seguido por uma análise sobre barreiras na importação destes equipamentos e após uma seção sobre transformação digital. Na sequência, é apresentada uma revisão sobre soluções digitais. Por fim, é apresentada a discussão sobre os *insights* desta pesquisa e principais contribuições acadêmicas e gerenciais. As considerações finais encerram o presente artigo.

2. Metodologia

Este artigo é de caráter exploratório e qualitativo, desenvolvido por meio de uma revisão de literatura. A presente revisão de literatura tem como objetivo sumarizar as publicações relativas sobre o tema desta pesquisa. O intento é revisar conceitos explorando estudos anteriores. Fundamenta-se, assim, a discussão a fim de que o debate entre os autores possa servir de base para atender ao objetivo deste estudo. Nakagawa et al. (2017) sugerem as seguintes diretrizes para que uma revisão de literatura seguindo os princípios descritos na figura 1.

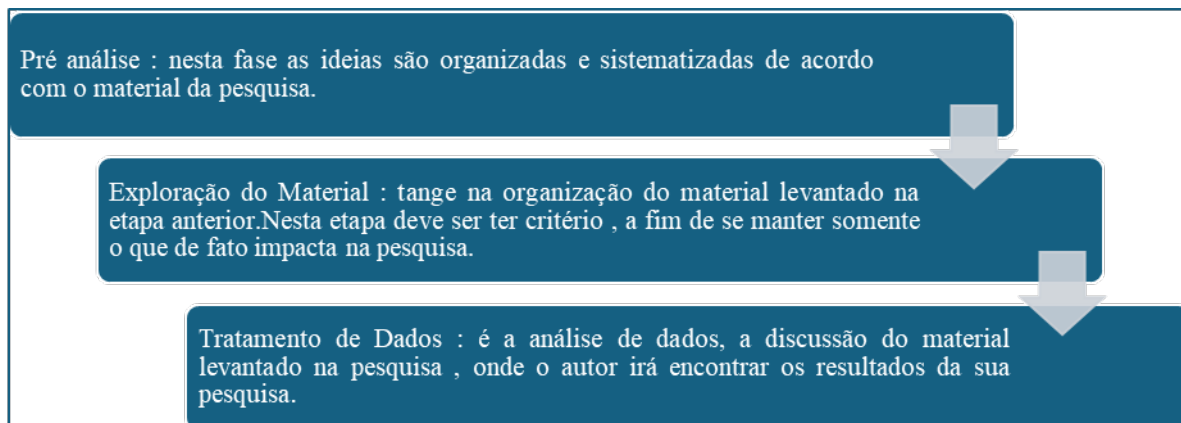
Figura 1- Diretrizes para uma revisão sistemática de Literatura



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Nakagawa et al. (2017)

A razão pela qual este método foi definido está relacionada ao fato de que a revisão de literatura envolve estudos observacionais e experimentais que visam coletar, avaliar criticamente e sintetizar os resultados de diversos estudos primários. (DA FONSECA, 2002). Para a análise dos dados foi utilizada uma abordagem de conteúdo qualitativa. (GIL, 2002). Esse processo de análise de conteúdo é composto por três fases, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2- Técnica de análise de dados



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Gil (2002)

Definido o tema e a pergunta de pesquisa, a etapa inicial foi uma revisão prévia dos estudos publicados. Para a condução da pesquisa houve um rigor científico no qual as temáticas foram identificadas, selecionadas, sumarizadas e interpretadas para a publicação dos resultados. (NAKAGAWA ET AL., 2017).

Durante a coleta de dados, empregaram-se palavras-chave e filtros que restringiram os artigos às categorias de Engenharia e Administração. A aplicação desse filtro se justifica pela necessidade de focar em pesquisas científicas alinhadas com o escopo deste artigo. Além disso, foi estabelecido um filtro temporal para abranger o período de pesquisa a partir de 2008 até 2023. O ano de 2008 foi definido como marco temporal inicial, em razão da crise econômica que afetou o comércio internacional , impactando principalmente a negociação de bens duráveis. (AHMED, ET AL., 2017). Após, foram lidos os resumos e definidos os seguintes artigos para este tema, conforme descrito a seguir no quadro número 1 que sumariza esta coleta.

Quadro 1 - Análise do Referencial Teórico

DIMENSÃO S ANALISADAS	OBJETIVOS	PRINCIPAIS AUTORES
Manufatura Aditiva	Compreender a importância de estudar os desafios relacionados à importação desses equipamentos é essencial para se analisar a importância de tornar o processo de importação destas máquinas e equipamentos mais ágeis.	(SCHRAND, 2016). (EPO, 2023).
Barreiras importação	na Analisar o conjunto de operações, o que contribui para a investigação de quais etapas poderão ser aprimoradas	(HÜBLER; GLAS, 2014). (SIKDAR, MUKHOPADHYAY, 2017). (SCHMIDT; ERMOLAEVA, 2014).

	pelo uso de soluções digitais.	(GOVERNO DO REINO UNIDO, 2024); (CHANG; WANG; CHANG, 2023); (AMIRGHODSI ET AL., 2020).
Transformação Digital	Contribui para investigar quais etapas podem ter sua gestão aprimorada através de um <i>overview</i> da adoção destas tecnologias na logística internacional.	(MEYER; GERLITZ; HENESE, 2021). (GAO ET AL., 2022). (YADAV ET AL., 2020). (ROGERS, 2017). (ACATECH, 2020). (SEBASTIAN ET AL., 2020). (DE VASCONCELLOS; FREITAS; JUNGES, 2021).
Soluções Digitais	Identificar quais soluções digitais encontradas na literatura poderão aprimorar o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva.	(SEBASTIAN ET AL., 2020), (BAIRD; MARUPING, 2021), (LI; LAKZI, 2022), (BENBYA; PACHIDI; JARVENPAA, 2021), (AMIRGHODSI, ET AL., 2020) ACATECH (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A revisão da literatura foi conduzida em três etapas distintas. Na primeira fase, foram identificados 774 artigos com base nas palavras-chaves relacionadas ao tema do artigo, onde foram aplicados filtros para reduzir o campo de estudo. Na segunda fase, realizou-se a análise dos títulos, eliminando artigos duplicados e aqueles que não se encaixavam no contexto da pesquisa. Na terceira fase, foram avaliados os resumos de 52 artigos, dos quais 35 foram selecionados para uma leitura completa, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - fases do estudo



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Com base nessas fontes, foi possível compreender como as soluções digitais podem aprimorar os processos de importação de equipamentos de manufatura aditiva, através da transformação digital. Através da combinação da agilidade e eficiência da manufatura aditiva e as vantagens das soluções digitais os processos de importação podem ser otimizados, tornando as empresas mais competitivas e alinhadas com as demandas do mercado global. Em conformidade com essas diretrizes, todas as etapas foram rigorosamente cumpridas, e os resultados obtidos serão detalhados nas seções subsequentes. A próxima seção realiza a revisão bibliográfica do presente artigo.

3. Revisão Bibliográfica

Esta etapa do trabalho é desenvolvida com base em bibliografias e artigos pesquisados, a fim de fornecer os subsídios necessários para alcançar o objetivo proposto neste estudo. Para que seja possível uma melhor compreensão, esta seção foi dividida como segue. Na primeira subseção, o estudo foca no que é manufatura aditiva. Na segunda subseção, há uma revisão bibliográfica sobre os desafios logísticos internacionais e na importação. Na terceira, o enfoque está na transformação e soluções digitais. O objetivo desta revisão é aprofundar o conhecimento sobre o tema para que possa ser possível analisar estas dimensões e alcançar o objetivo deste artigo.

3.1. A manufatura aditiva

A tecnologia vem avançando ano a ano, sendo que esta proporciona agilidade ao oferecer velocidade e *design* econômico, permitindo a produção de protótipos únicos ou múltiplos para atender a diversas necessidades operacionais. Isso inclui a capacidade de realizar reparos instantâneos em peças e a reposição em campo. (SCHRAND, 2016). De acordo com a DBT (*DEPARTMENT FOR BUSINESS AND TRADE*) do Reino Unido (GOVERNO DO REINO UNIDO, 2024), as máquinas e equipamentos de impressão 3D, através das suas inovações tecnológicas, têm o potencial de melhorar as cadeias de abastecimento das indústrias. Em contrapartida, são muitos os obstáculos na importação destes equipamentos de impressão 3D, conforme descreve o *EUROPEAN PATENT OFFICE* (EPO, 2023) no Quadro número 2.

Quadro 2 - Desafios na importação de equipamentos de manufatura aditiva

REQUISITOS	DESCRIÇÃO
Qualificação e Certificação	Desafio relativo à qualidade das peças e suas certificações, uma vez, que não há nenhum padrão internacional certificado.
Desenvolvimento de Padrões Internacionais	Há a necessidade de definição de padrões internacionais nos setores onde a tecnologia é utilizada com o intuito de haver uma expansão das impressoras 3D.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de EPO (2023)

Estes desafios na importação de equipamentos de manufatura aditiva são discutidos com maior profundidade na próxima subseção. Nela serão avaliados os riscos inerentes a logística internacional, bem como as barreiras de importação.

3.2. Barreiras na importação de máquinas e equipamentos

Quando se pensa em importar uma máquina ou equipamento, imagina-se o equipamento pronto, instalado e produzindo a demanda de produtos planejada pela empresa que investiu nesta aquisição. Entretanto, muito são os desafios na importação de equipamentos de manufatura aditiva, dentre os quais podem ser destacados:

- a) Barreiras tarifárias: essas barreiras podem incluir tarifas de importação, cotas de importação, requisitos de licenciamento e outras medidas que dificultam a importação destes equipamentos. (HÜBLER; GLAS, 2014, SIKDAR ; MUKHOPADHYAY, 2017);
- b) Desafios logísticos: a logística de importação e a falta de insumos na produção de equipamentos de manufatura aditiva podem impactar na produção destes bens de capital. (SCHMIDT; ERMOLAEVA, 2014);
- c) Transição geopolítica : estamos em um período de transição geopolítica, visto que, a crescente perspectiva de um agravamento no ambiente internacional de segurança, devido a conflitos internacionais e ataques piratas em navios de carga. (GOVERNO DO REINO UNIDO, 2024);
- d) Efeito chicote da Pandemia de Covid-19: relativo aos desafios tarifários, depreciação das taxas cambiais e barreiras comerciais impostas após a pandemia de covid-19. (CHANG; WANG; CHANG, 2023);
- e) Desafios relativos a transferência tecnológica: refere-se a garantia que ao importar uma impressora 3D, esta terá suporte técnico relativo ao uso do equipamento, bem como a garantia que o manual seja na língua local e que a empresa que compra o equipamento tenha condições e o saiba usar de forma eficaz. (AMIRGHODSI ET AL., 2020).

Logo, a importação de equipamentos de manufatura aditiva enfrenta estes desafios. Então, ao impulsionar a eficiência e inovação, bem como, o uso desta tecnologia de impressão

3D, tornam-se possíveis novas oportunidades de negócios. (AMIRGHODSI ET AL., 2020). Portanto, considerando a relevância de promover as importações dos equipamentos de manufatura aditiva, a próxima subseção, irá avaliar a transformação digital e soluções digitais, a fim de que, os desafios logísticos e tarifários destas importações possam ser atenuados.

3.3. Transformação Digital

A transformação digital refere-se à adoção de tecnologias como *blockchain*, inteligência artificial e robótica para melhorar a produtividade e competitividade. Isso envolve digitalização, automação e integração de inovações para otimizar gestão, logística e operações marítimas. (MEYER; GERLITZ; HENESE, 2021).

Quando o tema é logística internacional, os *stakeholders* envolvidos são empresas de transporte terrestre, portos, aeroportos, companhias de navegação, armazéns, despachantes de carga dentre outras entidades que são supervisionadas pelas autoridades alfandegárias locais de cada país. (GAO ET AL., 2022). O gargalo é que cada um destes *stakeholders* possui sua própria plataforma de gestão, havendo pouca ou nenhuma comunicação entre eles. (GAO ET AL., 2022).

Estes sistemas individuais, aliado ao fato de que as necessidades do mercado estão em constante mudança, bem como as margens de lucro limitadas, faz com que as organizações reavaliem suas estruturas de processos existentes. (GAO ET AL., 2022). Com esse objetivo, os gestores de negócios buscam constantemente adotar novas tecnologias para aprimorar toda a cadeia de suprimentos. (YADAV ET AL., 2020).

Nesse cenário, a transformação digital atua de forma disruptiva na maneira como as empresas operam. Houve alterações na comunicação com os clientes e as empresas alteraram também a percepção de valor nesta relação. (ROGERS, 2017). Com isto, tem-se observado na Indústria 4.0, a digitalização de processos e o aprimoramento desta conectividade, aproximando empresas e clientes. (ACATECH, 2020). Essas abordagens refletem a maneira como as empresas aproveitam as oportunidades proporcionadas pelas tecnologias digitais. (SEBASTIAN ET AL., 2020).

Aliado a estas abordagens, as tecnologias digitais, como SMACIT (sociais, móveis, analíticas, tecnologias de nuvem e Internet das Coisas) oferecem oportunidades e ameaças significativas para empresas consolidadas. (SEBASTIAN ET AL., 2020; DĄBROWSKA ET

AL., 2022). Destaca-se que os usos das tecnologias melhoram a eficiência das operações, bem como a capacidade de as organizações penetrarem em novos mercados. (DE VASCONCELLOS; FREITAS; JUNGES, 2021).

Há ainda grandes desafios na transformação digital, enfrentado pelas organizações, como dificuldades na execução de estratégias, variação nas habilidades para oferecer novos serviços digitais e a necessidade de escolher entre estratégias de engajamento do cliente ou soluções digitalizadas. (SEBASTIAN ET AL., 2020). Esses desafios destacam as complexidades da adaptação ao ambiente digital. Na próxima subseção, exploram-se as soluções digitais específicas para superar esses obstáculos e alcançar uma transformação digital bem-sucedida. (SEBASTIAN ET AL., 2020).

3.4. Soluções Digitais

Soluções digitais podem ser definidas como abordagens e estratégias empresariais que utilizam tecnologias digitais para oferecer produtos e serviços integrados, proporcionando destaque competitivo. (SEBASTIAN ET AL., 2020). Isso inclui a aplicação de tecnologias como análise de dados aprimorada por sensores, modelos de manutenção preditiva e algoritmos inteligentes para otimizar processos e agregar valor aos clientes. (SEBASTIAN ET AL., 2020).

Esta otimização nos processos pode ocorrer pelo uso de outras tecnologias, tais como: computação em nuvem, big data, inteligência artificial, tecnologias das coisas e artefatos digitais (BAIRD; MARUPING, 2021). Li e Lakzi (2022) enfatizam que estas soluções digitais, descritas pelos autores como *Business Intelligence* (BI), capacita as organizações a analisarem seus dados, tornando as operações de comércio exterior mais competitivas.

Essas operações envolvem a coleta dos equipamentos e o alinhamento documental, de maneira que as informações se tornem acessíveis a todos os níveis da organização, fornecendo as ferramentas e *insights* necessários para a tomada de decisões. (LI; LAKZI, 2022). Para os autores, os benefícios do uso de soluções digitais no processo de comércio exterior, mais precisamente nas exportações estão descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Benefícios do uso de soluções digitais

BENEFÍCIOS	DESCRIÇÃO
Aumento da Eficiência e Competitividade	Os sistemas baseados em TI contribuem para melhorar a competitividade das empresas, através da análise dos dados fornecidos pelo uso das soluções digitais.
Tomada de Decisões	Estes dados fornecidos contribuem na tomada das decisões, pois elas se tornam fundamentadas em relação as estratégias de negócios.
Identificação de Oportunidades e Desafios	Os dados fornecidos contribuem na análise de cenários, permitindo maior assertividade na identificação de desafios e oportunidades.
Melhoria Contínua	Com base nos resultados do modelo, as empresas podem implementar melhorias contínuas em suas estratégias de exportação, adaptando-se às mudanças do mercado e mantendo sua competitividade.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Li e Lakzi (2022)

Há também a discussão das implicações e oportunidades que podem haver devidos as oportunidades digitais ao ser avaliadas três dimensões descritas por Benbya, Pachidi e Jarvenpaa (2021):

- a) A primeira diz respeito a como as pessoas interagem com a tecnologia;
- b) A segunda, como esta tecnologia tem sido um desafio frente aos impactos que o uso delas mostra quando, por exemplo, realiza feitos humanos como identificar emoções, analisar dados e até mesmo conversar;
- c) E a terceira, a descrição da complexidade de se introduzir as tecnologias nas empresas para que todas as partes interessadas fiquem satisfeitas.

Já na importação de equipamentos de manufatura aditiva, esta tomada de decisões está ligada também a uma estratégia comum de transferência de tecnologia. (AMIRGHODSI ET AL., 2020). Para os autores, a transferência de conhecimento técnico ou tecnologia de fabricação pode ocorrer quando produtos terceirizados são entregues por um contratante. Isso implica que, ao importar esses equipamentos, a empresa pode adquirir também conhecimento técnico vinculado à fabricação dos produtos, promovendo assim a transferência de tecnologia. (AMIRGHODSI ET AL., 2020).

Sendo assim, as empresas que adotam estratégias de soluções digitalizadas concentram-se em combinar suas competências existentes com as capacidades das tecnologias digitais para atender às necessidades dos clientes. (SEBASTIAN ET AL., 2020). Tais tecnologias avançadas no comércio exterior impulsionam eficiência em logística, cadeia de

suprimentos e operações internacionais, qualificando as empresas no enfrentamento destes desafios. (ACATECH, 2020). Portanto, desenvolver competências como resiliência, capacidade de resposta e adaptabilidade é imprescindível para a competitividade dos importadores de equipamentos de manufatura aditiva frente aos desafios atuais. (ACATECH, 2020).

4. Discussão

Foram analisados 774 artigos publicados a partir de 2008. Destes, somente 35 foram selecionados para avaliar como as soluções digitais podem aprimorar o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva. O objetivo é fornecer subsídios para organizações que visam aprimorar o seu processo de importação destes equipamentos por meio de soluções digitais. Logo, após a análise dos resultados, ações gerenciais podem também ser consideradas com base nas sugestões descritas pelos autores. O Quadro 4 apresenta a síntese dos resultados encontrados no presente artigo.

Quadro 4 – Síntese dos Resultados

REQUISITOS	DEFINIÇÃO
Análise de dados em tempo real	Utilizar a IA e o ML para analisar um grande conjunto de dados e variáveis em tempo real, permitindo uma tomada de decisão mais ágil e precisa.
Promover a inovação	A possibilidade de adoção de tecnologias inovadoras, como blockchain, inteligência artificial, pode impulsionar a inovação nos processos de importação e na gestão logística.
Construção de capacidades digitais	Investir na construção de capacidades digitais que possam contribuir para as tomadas de decisões e a auto-organização dos ecossistemas tecnológicos, promovendo a eficiência e a inovação nos processos de importação.
Simulação de comportamento	A IA pode simular comportamentos complexos, auxiliando na análise e resolução de situações desafiadoras durante o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva.
Otimização dos processos	A combinação da agilidade e eficiência da manufatura aditiva com as vantagens das soluções digitais pode otimizar os processos de importação, tornando as empresas mais competitivas e alinhadas com as demandas do mercado global.
Utilização de Soluções Digitais	A combinação da IA e do ML pode apoiar a tomada de decisão com menos envolvimento humano, o que pode ajudar a lidar com desafios como barreiras tarifárias e questões de transferência tecnológica.
Implementação de	Definir padrões internacionais nos setores onde a tecnologia é utilizada pode ajudar a superar desafios de qualificação e certificação,

padrões internacionais	garantindo a qualidade das peças e facilitando o processo de importação.
------------------------	--

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da revisão da literatura (2024)

Em resumo, as soluções digitais podem ser utilizadas para aprimorar o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva, fornecendo ferramentas para análise de dados em tempo real, promoção da inovação, construção de capacidades digitais, simulação de comportamentos, otimização de processos, utilização de soluções digitais e implementação de padrões internacionais contribuindo para a melhoria dos processos dos importadores. Na leitura dos artigos, pode-se perceber o papel de cada dimensão no processo de agregação de valor, através da diversidade de ações que podem ser realizadas e implementadas a luz dos autores.

O presente artigo avança na literatura ao destacar a possibilidade de utilizar soluções digitais e tecnologias inovadoras para aprimorar os processos de importação de equipamentos de manufatura aditiva. Neste sentido, contribuiu com os estudos de Al Ojail (2020) que indicam os benefícios do uso do machine learning (ML) e Li; Lakzi (2022) que reforçam o uso do *Business Intelligence* (BI) na análise dos dados das organizações. Em linha com o que foi apontado pelos autores Baird e Maruping (2021), Sebastian et al. (2020), Dąbrowska et al. (2022), De Vasconcellos; Freitas; Junges (2021), este estudo reforça que ao adotar a transformação digital e investir em capacidades digitais, as empresas podem melhorar a sua eficiência operacional, uma vez que a implementação de soluções digitais pode otimizar os processos de importação, tornando-os mais ágeis, precisos e eficientes. Isto contribui para aprimorar a tomada de decisão pela análise de dados em tempo real o que aumenta a eficiência das organizações. Este aumento é devido a combinação da agilidade da manufatura aditiva com as vantagens das soluções digitais, podendo levar as empresas a se tornarem mais competitivas.

A contribuição acadêmica do presente estudo destaca os desafios atuais na importação de equipamentos de manufatura aditiva, contribuindo com Hübler e Glas (2014), Sikdar e Mukhopadhyay (2017), Schmidt e Ermolaeva (2014), Governo do Reino Unido (2024), Chang; Wang; e Chang (2023) e Amirghodsi et al. (2020). Destaca-se também que a exploração da transformação e soluções digitais que podem ser utilizadas no processo de logística internacional.

Em termos gerenciais, este estudo sinaliza para gestores responsáveis pelos processos

de importação e exportação de equipamentos de manufatura aditiva que a atenção deve ser posta na gestão documental, ciência dos desafios logísticos e geopolíticos atuais e também na importância do correto tratamento dos dados, uma vez que dados são recursos importantes que a empresa possui. Neste contexto, reforça-se a necessidade de aprimoramento técnico na gestão da transferência tecnológica frente a transformação digital, treinamento de profissionais para o uso das possíveis soluções digitais e previsão de recursos para aquisição destas tecnologias.

5. Considerações Finais

Este artigo avança na literatura, pois abordou como as soluções digitais podem aprimorar o processo de importação de equipamentos de manufatura aditiva. A forma como o estudo avançou diz respeito ao fato da percepção de como tecnologias emergentes, tais como computação em nuvem, big data, inteligência artificial, *machine learning*, podem ser utilizadas neste processo de importação. A análise dos desafios logísticos e de transferência tecnológica também demonstram a relevância do estudo, bem como o enfoque na importância da construção das capacidades digitais. No entanto, destaca-se como limitação a necessidade aprofundamento sobre as soluções digitais em si. Como sugestões de estudos futuros, percebe-se a necessidade de detalhamento destas soluções digitais para que se possa compreender melhor, como elas podem ser utilizadas na importação de equipamentos de manufatura aditiva.

Referências

3D Printing Industry. "UK Critical Imports and Supply Chain Strategy Published, Role for 3D Printing Highlighted". **3D Printing Industry**, <https://3dprintingindustry.com/news/uk-critical-imports-and-supply-chain-strategy-published-role-for-3d-printing-highlighted-227932/>. Acesso em: 29/02/2024.

ACATECH (2020). **Indústria 4.0 Maturity Index** - Managing the Digital Transformation of Companies. Report.

AHMED, Gouher et al. The global financial crisis and international trade. **Asian Economic and Financial Review**, v. 7, n. 6, p. 600-610, 2017.

AL OJAIL, Mohammad. Appearance of intelligent digital mesh: A landmark in e-business. **International Journal of Advanced Science and Technology**, v. 29, n. 8, p. 1602-1613, 2020.

AMIRGHODSI, Sirous; BONYADI NAEINI, Ali; ROOZBEHANI, Behrooz. An integrated Shannon-PAF method on gray numbers to rank technology transfer strategies. **Engineering Management Journal**, v. 32, n. 3, p. 186-207, 2020.

- AYOB, Abu H.; HUSSAIN, Wan Mohd Hirwani Wan. Buying local or imported goods? Profiling non-income consumers in developing countries. **International Review of Management and Marketing**, v. 6, n. 4, p. 688-695, 2016.
- BAIRD, Aaron; MARUPING, Likoebe M. The Next Generation of Research on IS Use: A Theoretical Framework of Delegation to and from Agentic IS Artifacts. **MIS Quarterly**, v. 45, n. 1, 2021.
- BENBYA, Hind; PACHIDI, Stella; JARVENPAA, Sirkka L. Artificial intelligence in organizations: implications for information systems research. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 22, n. 2, 2021.
- CHANG, Chia-Lin; WANG, Yu-Hui; CHANG, Kuo-I. Revival duration and determinants of ASEAN machinery trade during COVID-19 pandemic and the global financial crisis. **Emerging Markets Finance and Trade**, v. 59, n. 4, p. 1089-1103, 2023.
- DĄBROWSKA, Justyna et al. Digital transformation, for better or worse: a critical multi-level research agenda. **R&D Management**, v. 52, n. 5, p. 930-954, 2022
- DE VASCONCELLOS, Sílvio Luís; DA SILVA FREITAS, José Carlos; JUNGES, Fábio Miguel. Digital capabilities: Bridging the gap between creativity and performance. **The Palgrave handbook of corporate sustainability in the digital era**, p. 411-427, 2021.
- EUROPEAN PATENT OFFICE. EPO (2023). **Additive Manufacturing Study 2023**. Disponível em : <https://link.epo.org/web/service-support/publications/en-additive-manufacturing-study-2023-full-study.pdf>
Acesso em : 01/03/2024.
- DA FONSECA, João José Saraiva. Apostila de metodologia da pesquisa científica. **João José Saraiva da Fonseca**, 2002.
- GAO, Na et al. Modeling and analysis of port supply chain system based on Fabric blockchain. **Computers & Industrial Engineering**, v. 172, p. 108527, 2022.
- GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOVERNO DO REINO UNIDO. Estratégia de Importações Críticas e Cadeia de Abastecimento. Local de Publicação: **Governo do Reino Unido, 2024**. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65a6a1c1867cd800135ae971/critical-imports-and-supply-chains-strategy.pdf>. Acesso em: 02/03/2024.
- GARCÍA-GUTIÉRREZ, Jorge et al. A comparison of machine learning regression techniques for LiDAR-derived estimation of forest variables. **Neurocomputing**, v. 167, p. 24-31, 2015.
- HÜBLER, Michael; GLAS, Alexander. The energy-bias of north–south technology spillovers: a global, bilateral, Bisectoral trade analysis. **Environmental and Resource Economics**, v. 58, p. 59-89, 2014.
- JHA, Sunil Kr et al. Renewable energy: Present research and future scope of Artificial Intelligence. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, p. 297-317, 2017.
- LI, Jiahua; LAKZI, Ali. A new model for assessing the role of IT-based systems, public policies and business intelligence on the export competitiveness's efficiency. **Kybernetes**, v. 51, n. 1, p. 77-94, 2022.
- MEYER, Christopher; GERLITZ, Laima; HENESEY, Lawrence. Cross-border capacity-building for port ecosystems in small and medium-sized baltic ports. **TalTech Journal of European Studies**, v. 11, n. 1, p. 113-132, 2021.
- NAKAGAWA, Elisa Yumi et al. **Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática**. (2017).
- ROGERS, David L. **Transformação digital: repensando o seu negócio para a era digital**. Autêntica Business, 2017.

SANTERAMO, Fabio Gaetano; LAMONACA, Emilia. On the trade effects of bilateral SPS measures in developed and developing countries. **The World Economy**, v. 45, n. 10, p. 3109-3145, 2022.

SCHMIDT, Christopher; ERMOLAEVA, Alexandra. Enhancing Canadian-German partnerships in the mining industry. **Mining Report**, v. 150, n. 1-2, p. 74-80, 2014.

SCHRAND, Amanda M. Additive manufacturing: from form to function. **Strategic Studies Quarterly**, v. 10, n. 3, p. 74-90, 2016.

SEBASTIAN, Ina M. et al. How big old companies navigate digital transformation. In: **Strategic information management**. Routledge, 2020. p. 133-150.

SIKDAR, Chandrima; MUKHOPADHYAY, Kakali. Economy-wide impact of TPP: new challenges to China. **Journal of Economic Structures**, v. 6, n. 1, p. 1-29, 2017.

SYAM, Niladri; SHARMA, Arun. Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. **Industrial marketing management**, v. 69, p. 135-146, 2018.

YADAV, Gunjan et al. A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers. **Computers in industry**, v. 122, p. 103280, 2020.